

S o n d e r d r u c k

aus der „Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft“  
Band 90, Jahrgang 1938, Heft 6/7

---

**Die Bestandsaufnahme des Phosphorsäuregehaltes  
deutscher Gesteine als Maßnahme zur Sicherung  
der Phosphorsäure-Versorgung Deutschlands**

Von K. HUMMEL, Gießen.

In einem früheren Aufsatz (HUMMEL 1936) habe ich darauf hingewiesen, daß Deutschland in seiner Phosphorsäure-Versorgung z. Zt. fast ausschließlich vom Ausland abhängig ist, und daß Maßnahmen erforderlich sind, um uns in dieser Hinsicht wenigstens für den Notfall vom Ausland unabhängig zu machen. Neben der besseren Ausnützung des Phosphorsäuregehaltes der städtischen Abwässer, also einer im wesentlichen technischen Aufgabe, kommen folgende Maßnahmen in Frage, an deren Vorbereitung die deutschen Geologen mitzuarbeiten haben:

1. Aufsuchen neuer, bauwürdiger Phosphatlagerstätten.
2. Vermehrung des Abbaues inländischer, phosphorsäurereicher Eisenerze.
3. Nachweis von Gesteinen mit überdurchschnittlichem Phosphorsäuregehalt, die im Notfall in irgend einer Form zur Ergänzung des Phosphorsäuregehaltes unserer Ackerböden herangezogen werden können.

Zu diesen drei Aufgabenbereichen ist im Einzelnen folgendes zu sagen:

#### I. Aufsuchen neuer, bauwürdiger Phosphatlagerstätten:

Die Versorgung Deutschlands wäre am besten gesichert, wenn uns große, im weltwirtschaftlichen Sinne bauwürdige Phosphatlagerstätten zur Verfügung stünden. Leider sind die Aussichten auf Verwirklichung dieses Wunsches gering. Trotzdem muß diese Möglichkeit stets im Auge behalten werden. Eine gewisse, wenn auch schwache Hoffnung auf Auffindung neuer, bisher unbekannt gebliebener Lagerstätten kann sich darauf gründen, daß Phosphorit äußerlich unscheinbar ist und leicht mit Kalkstein, Steinmergel u. dgl. verwechselt wird, wenn er bank- oder stockförmig und nicht in den bekannten, leicht erkennbaren Knollen auftritt. Es ist daher nicht ganz ausgeschlossen, daß hier und da Phosphatlagerstätten übersehen worden sind, weil sie mit anderen Gesteinen verwechselt wurden. Namentlich in allen Kalkstein-Gebieten muß daher mehr als bisher auf die Möglichkeit des Auftretens von Phosphoritbänken geachtet werden; phosphoritverdächtig ist vor allem die Nachbarschaft von Emersionsflächen, größeren Schichtfugen, usw., ferner (entsprechend den Lahnphosphaten) die Ober-

oder Seitenfläche verkarsteter Kalkmassen, namentlich in der Nachbarschaft von basischen Eruptivgesteinen. Eine eingehende Untersuchung verdient die norddeutsche Kreideformation; denn es ist auffallend, daß die französische und belgische Kreideformation zahlreiche und z. T. gut bauwürdige Phosphatlagerstätten enthält, während aus der natürlichen Fortsetzung dieser Kreideschichten in Deutschland bisher nur sehr wenig größere Phosphatfunde bekannt geworden sind. Auch die Kalkschichten des Jura und anderer Formationen sollten bei unserer heutigen Lage auf ihren Phosphatgehalt untersucht werden. Insbesondere muß im Gebiet der Oberpfalz nachgeprüft werden, ob sich an die bisher vereinzelt gebliebene Lagerstätte von Amberg ähnliche und bisher unbekannt gebliebene Lagerstätten in der Nachbarschaft anschließen. Beachtung verdienen auch alle Höhlen in Kalkgebieten; denn in Österreich hat man eine große Zahl von Phosphatlagerstätten in Kalkhöhlen gefunden; es ist nicht einzusehen, weshalb ähnliche Lagerstätten nicht auch sonst in Deutschland vorkommen sollten, und wenn der Vorrat der einzelnen Höhlen auch meist recht beschränkt ist, so kann eine größere Zahl von Phosphathöhlen doch zur Erleichterung unserer Wirtschaftslage beitragen.

Aus den angeführten Gründen muß daher jedem Geologen, der im Bereich der in Frage kommenden Formationen tätig ist, dringend empfohlen werden, sich mit den Erscheinungsformen der Phosphatlagerstätten bekannt zu machen und sein Arbeitsgebiet auf Phosphoritvorkommen zu prüfen; eine zunächst qualitative Prüfung des Phosphorsäuregehaltes ist in jedem geologischen Institut mit einfachsten Mitteln leicht durchzuführen; die Methoden können jedem Lehrbuch der qualitativen chemischen Analyse entnommen werden; nähere Angaben über Untersuchungsmethoden bringt auch STUTZER (1932, S. 35).

Erwünscht wäre ferner, wenn den Gebieten Deutschlands, aus denen bisher schon Phosphatlagerstätten bekannt sind oder die sonst phosphatverdächtig sind, von seiten der benachbarten Institute besondere Beachtung geschenkt würde. Die neueste Zusammenstellung über die Phosphatlagerstätten Deutschlands und seiner Nachbarländer hat STUTZER (1932) geboten; dort ist auch das ältere Schrifttum über unsere Phosphatlagerstätten angeführt. Eine zusammenfassende Darstellung hat auch WEIGELT (1922) gegeben.

STUTZER hat einen großen Teil derjenigen deutschen Phosphatlagerstätten aufgeführt, die nach bisherigen wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht bauwürdig sind. Allerdings sind diese Angaben nicht ganz vollständig, z. B. fehlen Angaben über die Knollenphosphate der fränkischen Jura- und Kreideformation (vgl. SCHUSTER 1936, S. 370 ff., SCHMIDTILL 1934) und über die Phosphorite in der helvetischen Kreide des bayrischen Alpenrandes. Über letztere unterrichten einigermaßen die Angaben STUTZER's (1932, S. 109) über die ähnlichen Phosphate der Schweiz, wie überhaupt die Angaben über die Phosphatlagerstätten unserer Nachbarländer Beachtung verdienen, weil sich daraus Schlüsse auf mögliche Lagerstätten in Deutschland ergeben.

Wenn STUTZER einen großen Teil der deutschen Phosphoritlagerstätten als wirtschaftlich bedeutungslos bezeichnet, so ist dabei zu beachten, daß

diese Beurteilung bei der heutigen Lage nicht ohne weiteres gültig zu sein braucht. Wir müssen uns auf den Standpunkt stellen, daß grundsätzlich jede Phosphatlagerstätte Beachtung verdient, und wenn sie mit den bisherigen Abbau- und Verwertungsweisen nicht nutzbar gemacht werden kann, so muß überlegt werden, ob es nicht neue Mittel und Wege gibt, um den Phosphorsäuregehalt der Lagerstätte unseren Äckern zuzuführen. Es sind dies in der Regel technische Aufgaben, die der Geologe nicht selbst lösen kann; aber wir haben die Pflicht, auf die Lagerstätten aufmerksam zu machen und die Lösung der technischen Aufgaben anzuregen.

Wir besitzen wahrscheinlich gar nicht unbeträchtliche Phosphoritvorräte in Gestalt von Phosphoritknollen-Lagen, namentlich in der Kreide- und Juraformation sowie im Tertiär. Diese Phosphorite bedürfen der Aufbereitung. Es muß daher vom Geologen Ausdehnung und Art der Lagerstätten untersucht werden, und dann muß vom Techniker die geeignetste Aufbereitungsmethode gesucht werden. Es ist unrichtig, anzunehmen, daß Knollenphosphorite unbedingt unbauwürdig seien. Sie können zwar nicht in wirtschaftlichen Wettbewerb treten mit den großen Phosphatlagerstätten Nordafrikas, Floridas usw., die heute den Welthandel beherrschen; aber in Nordfrankreich (Argonnen und Ardennen) wurden schon lange Knollen-Phosphorite der Kreide im Kleinbetrieb abgebaut (vgl. HUMMEL, 1923, S. 74); während des Krieges wurden auch Aufbereitungsversuche gemacht. Es ist daher durchaus nicht aussichtslos, neue Versuche zur Ausbeutung der deutschen Knollen-Phosphat-Lagerstätten zu machen.

Eine weitere Schwierigkeit liegt darin, daß die meisten deutschen Phosphate wegen ihrer Nebengemengteile, besonders wegen des Eisen- und Tonerde-Gehaltes, für die übliche Verarbeitung auf Handelsdünger wenig geeignet sind. Hier ist derselbe Weg einzuschlagen, wie er schon erfolgreich bei der Verwertung der deutschen Eisenerze beschritten worden ist: man muß nach neuen Verarbeitungsmöglichkeiten suchen. Wenn nicht völlig neue Methoden gefunden werden können (Ansätze dafür sind vorhanden), so müssen die eisenreichen Phosphate als Zuschlag bei der Eisenverhüttung verwandt werden, um auf dem Wege über das Thomasverfahren als Düngemittel nutzbar gemacht zu werden.

Auch die Möglichkeit der Verwendung als Rohphosphat muß in Betracht gezogen werden. Im allgemeinen lehnt zwar unsere Landwirtschaft bisher die Verwendung von Rohphosphat ab; es kommen hier dieselben Umstände in Betracht, die unten im Zusammenhang mit der Gesteinsmehldüngung erörtert werden müssen. Sicher sind Rohphosphate nicht auf allen Böden brauchbar, und ihre Wirksamkeit ist geringer, oder wenigstens nicht so unmittelbar feststellbar wie bei den handelsüblichen Phosphatdüngemitteln. Jedoch wird nach Angabe von STUTZER (1932, S. 41) namentlich in Frankreich feingemahlene Rohphosphat in recht beträchtlichen Mengen erzeugt und verbraucht; es wird daher sicher auch in Deutschland gewisse nutzbare Verwendungsmöglichkeiten für Rohphosphate geben, besonders auf sauren Torfböden u. dgl. Je nach der Beschaffenheit des Muttergesteins der Phosphatknollen kann bei der Verwertung als Rohphosphat u. U. die Aufbereitung entbehrlich oder doch vereinfacht werden. Es können dann verhältnismäßig phosphorsäurearme Düngemittel gewonnen

werden, die keinen weiten Transport ertragen, die also in der Nachbarschaft der Gewinnungsstätte verwandt werden müssen.

Wenn die Phosphoritknollen in kalkigen Gesteinen auftreten, wie dies z. B. in der nordfranzösischen Kreide recht häufig ist, so muß überlegt werden, ob die Phosphorsäure nicht dadurch nutzbar gemacht werden kann, daß man die betr. Schichten zur Gewinnung von Düngekalk abbaut. Man wird zwar durch Verwendung eines derartigen, phosphorsäurehaltigen Düngekalkes niemals den gesamten Phosphorsäurebedarf eines Ackers decken können, und die Phosphorsäure wird im Düngekalk nicht in leichtlöslicher Form dargeboten, aber auf längere Sicht kann dadurch doch der Phosphorsäuregehalt des Bodens vermehrt werden, ohne daß wesentliche Mehrkosten entstehen, da ja eine Kalkdüngung ohnehin nötig ist. Ebenso könnten phosphorsäurehaltige Kalksteine als Zuschlag im Hochofenprozeß verwandt werden und dann auf dem Weg über das Thomasverfahren nutzbar gemacht werden.

Phosphatknollen-Schichten in Kalksteinen verdienen daher besondere Beachtung.

## II. Ausnützung des Phosphorsäuregehaltes deutscher Eisenerze.

Hierüber ist nicht viel zu sagen, da z. Zt. ohnehin alles getan wird, um den Abbau deutscher Eisenerze zu vermehren. Es handelt sich dabei erfreulicherweise meist um verhältnismäßig phosphorsäurereiche Erze. Es muß dafür gesorgt werden, daß der Phosphorsäuregehalt unserer Eisenerze auf dem Wege über das Thomas-Verfahren möglichst restlos nutzbar gemacht wird. Soweit der Phosphorgehalt des Erzes für das Thomas-Verfahren zu gering ist, sollte durch Zuschlag von Phosphoriten eine entsprechende Vermehrung des P-Gehaltes herbeigeführt werden; dies bietet außerdem eine zweckmäßige Verwertungsmöglichkeit für unsere eisenreichen deutschen Phosphorite, die auf andere Weise schlecht zu verarbeiten sind.

Die Lahn-Phosphorite werden z. Zt. von den Buderus-Werken in Wetzlar schon in dieser Weise verwertet; allerdings wird dabei kein Thomas-Mehl gewonnen, der P-Gehalt dient vielmehr der Verbesserung der technischen Eigenschaften des Gießerei-Roheisens.

## III. Nachweis von Gesteinen mit überdurchschnittlichem Phosphorsäure-Gehalt.

Wenn es gelingt, den Phosphorsäuregehalt der städtischen Abwässer besser als bisher auszunützen, und wenn die unter I und II genannten Maßnahmen Erfolg haben, so kann der Phosphorsäurebedarf der deutschen Landwirtschaft dadurch zu einem erheblichen Teil aus inländischen Quellen gedeckt werden. Es ist aber bisher zweifelhaft, ob dies in ausreichendem Maße gelingt. Angesichts der unbedingten Notwendigkeit, eine Verarmung unserer Äcker an Phosphorsäure zu verhindern, müssen wir auch für diesen Fall Vorsorge treffen, wenn wir eine dauernde Abhängigkeit vom Ausland in dieser lebenswichtigen Frage vermeiden wollen.

Es bleibt uns dann nichts anderes übrig, als auf Gesteine mit überdurchschnittlichem Phosphorsäuregehalt zurückzugreifen. Der Phosphorsäuregehalt fruchtbarer Ackerböden liegt meist unter 0.2%  $P_2O_5$  und entspricht dem durchschnittlichen Phosphorsäuregehalt der Eruptivgesteine (= 0.175%  $P_2O_5$  nach VÖGT 1931); Gesteine mit über 0,5%  $P_2O_5$  sind also in ihrem Phosphorsäuregehalt gegenüber den Ackerböden schon recht wesentlich angereichert. Derartige Gesteine besitzen wir in Deutschland in recht großer Anzahl, wie die folgende Übersicht zeigt.

Leider macht die praktische Verwertung des Phosphorsäuregehaltes derartiger Gesteine große Schwierigkeiten. Zwar kennt man aus tropischen Vulkangebieten die günstige Wirkung natürlicher Düngung durch Aschenregen (vgl. STAMM, 1912, S. 372; EHRENBERG, 1922, S. 234; PASSARGE, 1929, S. 308; SAPPER, 1930, S. 266); auch ein nicht unerheblicher Teil unserer mitteldeutschen Böden ist durch die Überstreueung mit den Bimssteinaschen des Laacher Sees in beträchtlicher und an vielen Stellen sicher noch jetzt nachwirkender Weise gedüngt worden. Jedoch handelt es sich dabei um eine zwar nachhaltige, aber namentlich in unserem kühlen Klima recht langsame Einwirkung, die nicht vergleichbar ist mit der raschen Wirkung leichtlöslicher Düngemittel, an die unsere Landwirtschaft gewöhnt ist. Zahlreiche Versuche mit „Gesteinsmehldüngung“ sind in letzter Zeit im Auftrage des Landwirtschaftlichen Forschungsdienstes von der landwirtschaftlichen Versuchsstation in Darmstadt durch Dozent Dr. L. SCHMITT durchgeführt worden; ein abschließender Bericht über diese Versuche liegt zwar noch nicht vor, jedoch hatte der Stand der Versuche im Sommer 1937 schon einwandfrei ergeben, daß die Nährstoffeinheit in Gestalt von Gesteinsmehl jedenfalls nicht dieselbe unmittelbare Wirkung auf das Pflanzenwachstum hat wie die Nährstoffeinheit in Gestalt üblicher Handelsdünger, und daß außerdem die Gefahr besteht, daß durch übermäßige Gesteinsmehl-Zufuhr eine Minderung der Ertragsfähigkeit des Bodens, also das Gegenteil einer Düngewirkung eintritt. Freilich ist dies höchstwahrscheinlich keine Dauerwirkung; ich nehme an, daß nach einigen Jahren infolge Verwitterung des zugeführten Gesteinsmehls doch noch die der Nährstoffeinheit entsprechende Düngewirkung erreicht wird. Darüber fehlen uns jedoch zunächst die Erfahrungen, und außerdem erfordert der intensive Betrieb unserer Landwirtschaft in erster Linie rasch wirkende Düngemittel.

Trotzdem scheint es mir notwendig, daß man die sehr beträchtlichen Phosphorsäurevorräte im Auge behält, die uns in den Gesteinen mit überdurchschnittlichem Phosphorsäuregehalt zur Verfügung stehen; denn es können sich zukünftige Verwertungsmöglichkeiten aus folgenden Überlegungen ergeben:

1. Bei der Urbarmachung bisher landwirtschaftlich wenig oder gar nicht genützter, sehr schlechter Böden (Heide- und Moorböden usw.) kommt es im allgemeinen weniger auf eine sofortige und kurzwirkende Hebung der Fruchtbarkeit, vielmehr auf eine nachhaltige Hebung der Ertragsfähigkeit an; derartige Böden sind in unserem Klima meist stark sauer, und die Bodensäure begünstigt den Aufschluß des Rohphosphats im Gesteinsmehl. Bei der Urbarmachung solcher Flächen sind meist ohnehin erhebliche Bodenbewegungen erforderlich; falls in nicht zu großer Entfernung von derartigen Meliorations-Gebieten Gesteine mit überdurchschnittlichem

Phosphorsäuregehalt verfügbar sind, so muß die Möglichkeit erwogen werden, diese Gesteine zur Bodenverbesserung zu verwenden, um damit dem neuen Ackerland sofort einen größeren Phosphorsäurevorrat inländischen Ursprungs zuzuführen. Besondere Beachtung verdienen in diesem Zusammenhang die phosphoritknollenführenden Kreide- und Juraschichten sowie die Grünsande Nordwestdeutschlands und des bayerischen Alpenrandes, die verhältnismäßig nahe bei den großen deutschen Moorgebieten liegen.

2. Ein sehr großer Teil der deutschen Wälder wächst auf sehr nährstoffarmen Sandböden. Künstliche Düngung der Waldböden ist bisher nicht üblich gewesen, sie wird aber in neuerer Zeit auch von forstlicher Seite in Erwägung gezogen (vgl. R. LANG, 1926, S. 462 ff. und 1933 und die dort angegebenen Schriften; LENT 1933; SÜCHTING 1933; ALBERT 1936; WETZEL 1937). Bei der wachsenden Bedeutung des Holzes für unsere Volkswirtschaft wird man in Zukunft sicher alles tun, was eine Steigerung unserer Holzherzeugung möglich macht. Dazu gehören auch alle Maßnahmen zur Verbesserung der Bodenbeschaffenheit und des Nährstoffgehaltes unserer armen Waldböden. Daß man dabei nicht wahllos vorgehen darf, da nicht jede Holzart hohen Nährstoffgehalt braucht, dies zeigt LANG (1934). Da es bei der forstlichen Bodenkultur vor allem auf Dauerwirkung ankommt, sind nährstoffreiche Gesteinsmehle und Gesteinsgrus für die Verbesserung der Waldböden besonders geeignet, und zwar wird man dafür die phosphorsäurereichen Gesteine in erster Linie heranziehen, zumal die Phosphorsäure, z. B. in Kiefern- und Fichtenböden, oft nur im Minimum vorhanden ist (LANG, 1926, S. 417). Es wäre bei unserer jetzigen Lage unverantwortlich, wenn man Phosphorsäuredüngemittel ausländischen Ursprungs für die Walddüngung verwenden wollte, falls inländische Gesteine mit überdurchschnittlichem Phosphorsäuregehalt in erreichbarer Nähe vorhanden sind, mit denen derselbe Zweck erreicht werden kann. Die günstige Wirkung von Basaltgrus als Forstdüngungsmittel zeigte ALBERT (1936)\*).

Zu beachten ist, daß es sich bei der „Düngung“ des Waldbodens um etwas wesentlich anderes handelt als bei der Düngung landwirtschaftlich genutzter Böden; es kommt in erster Linie darauf an, die Bodenbeschaffenheit an sich zu verbessern und durch Vermehrung des gesamten Nährstoffvorrates des Bodens eine Steigerung des Nährstoff-Umsatzes (und damit eine Steigerung des jährlichen Holzzuwachses) herbeizuführen; nur von nebensächlicher Bedeutung ist der Ersatz des durch die Holznutzung dem Boden dauernd entzogenen Nährstoffgehaltes; denn wenigstens bei der Phosphorsäure ist der Dauerverlust durch die Holznutzung sehr gering. Nach Angaben, die ich vom Forstinstitut der Universität Gießen (Prof. FUNK) erhalten habe, berechnet sich der Phosphorsäureinhalt der gesamten deutschen Holznutzung (bei einem Jahreseinschlag von 50 Millionen Festmeter) auf, überschlägig gerechnet, noch nicht einmal ganz 10000 t  $P_2O_5$  im Jahr; dies ist ein ganz geringer Bruchteil des jährlichen Phosphorsäurebedarfes der deutschen Landwirtschaft, der mehrere hunderttausend Tonnen  $P_2O_5$  beträgt (vgl. ROEMER 1922). Es ist anzunehmen, daß der durch die Holznutzung bedingte, auf eine sehr große Fläche verteilte Phosphorsäure-

\*) Vgl. auch: H. HILF, Basaltgrus, der Nachhaltsdünger armer Sandböden. Forstarchiv 1937, Heft 6/7 und Forstarchiv 1938, Heft 6/7.

entzug durch die Aufschließung „jungfräulicher“ Phosphorsäure in den von den Baumwurzeln erreichten tieferen Bodenschichten ausgeglichen wird. Der jährliche Phosphorsäureumsatz des deutschen Waldes beträgt jedoch ein vielfaches der genannten Menge, er ist ein örtlicher Kreislauf, dessen Größe vom Nährstoffvorrat (und von sonstigen Eigenschaften) des Bodens abhängig ist. Da der Nährstoffvorrat in einem sehr großen Teil unserer Waldböden sehr gering ist, so kann noch viel zur Vermehrung der deutschen Holzerzeugung getan werden; dem sollen die oben erörterten Maßnahmen dienen.

3. Es stehen uns zwar bisher noch keine Aufbereitungsverfahren zur Verfügung, welche die nutzbringende Verwertung von Gesteinen mit wenigen Hunderteilen Phosphorsäure gestatten; aber es liegt nicht ganz außerhalb des Bereiches der Möglichkeiten, daß derartige Verfahren gefunden werden. Unsere eingangs geschilderte Lage zwingt uns dazu, solche Möglichkeiten im Auge zu behalten und die in Frage kommenden technischen Kreise zu entsprechenden Überlegungen und Versuchen anzuregen. Sowohl die Phosphoritknollenschichten, wie auch die phosphorsäurereichen Eruptivgesteine müssen als Ausgangsstoffe für derartige Verfahren in Betracht gezogen werden. Das bestmögliche Ziel wäre natürlich ein mechanisches oder chemisches Anreicherungsverfahren, welches die Erzeugung hochwertiger Phosphorsäuredüngemittel gestattet. Leichter erreichbar ist aber vermutlich ein Verfahren, welches die Phosphorsäure zwar nicht anreichert, sie aber wenigstens in eine leichter lösliche Form überführt; „aufgeschlossene“ Gesteinsmehle werden möglicherweise wesentlich bessere Düngungsergebnisse zeigen als die bisher angewandten rohen Gesteinsmehle. Grundlagen für derartige Aufschlußverfahren könnten z. B. die üblichen Verfahren zur Herstellung von Schmelzphosphaten (Rhenania-Phosphat) darbieten. Ich betone derartige, zweifellos recht fernliegende Möglichkeiten bewußt, auch auf die Gefahr hin, daß mir wirklichkeitsfremder Optimismus vorgeworfen wird; denn ohne optimistisches Vertrauen auf bisher unbekanntes Möglichkeiten können wir in der lebenswichtigen Frage der deutschen Phosphorsäureversorgung nicht weiterkommen.

#### Bestandsaufnahme der Gesteine mit überdurchschnittlichem Phosphorsäuregehalt.

Die unter 1—3 zusammengestellten Überlegungen zeigen, daß eine Bestandsaufnahme der Gesteine Deutschlands mit überdurchschnittlichem Phosphorsäuregehalt notwendig ist, damit wir diese Gesteine, bzw. die in ihnen enthaltenen Phosphorsäurevorräte schon jetzt dort einsetzen können, wo dies wirtschaftlich möglich ist, und damit wir darüber Bescheid wissen, welche Gesteinsvorräte für zukünftige Verwendungsmöglichkeiten in Frage kommen können.

Die Verwertung dieser Gesteine wird voraussichtlich niemals mit weiten Transportwegen möglich sein; es genügt daher nicht, wenn an wenigen Punkten Deutschlands besonders große Einzelvorräte vorhanden sind, vielmehr müssen in möglichst vielen Teilgebieten geeignete Gewinnungsstätten nachgewiesen werden.

Als Grundlage für diese Bestandsaufnahme gebe ich hier eine Zusammenstellung der wichtigsten Fundstellen von Gesteinen mit über-

durchschnittlichem Phosphorsäuregehalt, die sich nach dem Schrifttum feststellen lassen, oder auf die ich in letzter Zeit durch Briefe von Fachgenossen hingewiesen worden bin. Die Grundlage dieser Zusammenstellung bildet eine umfangreiche, nach Phosphorsäuregehalt angeordnete Kartei der Analysen deutscher Gesteine. Diese Kartei hat Herr Dr. O. VÖLZING im Geologischen Institut der Universität Gießen zusammengestellt; die Mittel für diese Literaturarbeit verdanke ich einer Zuwendung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Als räumliche Einteilungsgrundlage wurde die Gaueinteilung des deutschen Reiches gewählt, da die Gaugrenzen besser als sonstige politische Grenzen einigermaßen geschlossene Wirtschafts- und Verkehrsgebiete umfassen. Die Zusammenstellung berücksichtigt Gesteine mit über 0.5%  $P_2O_5$ ; in Gebieten, die reich an derartigen Gesteinen sind, können jedoch nur die größten und besonders phosphorsäurereichen Fundpunkte angegeben werden.

Phosphorsäurehaltige Eisenerze wurden in der folgenden Zusammenstellung im allgemeinen nicht berücksichtigt.

Die Analysen, auf welchen die Zusammenstellung beruht, sind z. T. recht alt; auf eine Nachprüfung der Analysen-Zuverlässigkeit konnte jedoch verzichtet werden, da es sich ja nur um eine vorläufige Zusammenstellung handelt; jede praktische Verwendung der angeführten Gesteine wird ohnehin eine Nachprüfung des Phosphorsäuregehaltes durch neue Analysen nötig machen.

## 1. Gau Baden.

Von den Hegau-Basalten sind 8 Analysen mit 0.55—1.2%  $P_2O_5$  bekannt; insbesondere die Basalte des Höwenegg mit z. T. über 1%  $P_2O_5$  und einem hohen Gehalt an Ca und Mg wurden schon öfters zu Düngungsversuchen verwandt.

Die Eruptiva des Kaiserstuhles weisen in 6 Analysen Gehalte von 0.57—0.68%  $P_2O_5$  auf. Die kristallinen Gesteine des Schwarzwaldes zeigen nur in 5 Analysen Gehalte über 0.5%  $P_2O_5$ ; jedoch ist dabei ein schiefriger Diorit vom Hulochhof bei St. Peter mit 1.24%  $P_2O_5$  (SCHNARRENBARGER, 1906, S. 11). Besonders reich an Phosphorsäure sind die Gesteine des Katzenbuckels, die räumlich schon zu der unten zu besprechenden hessischen Phosphorsäure-Provinz gehören. Der Alkali-Basalt, der z. Zt. am Fuße des Gaffsteins als Schotter abgebaut wird, enthält (nach brieflicher Mitteilung von Herrn Prof. NIELAND-Heidelberg) 2—2.5%  $P_2O_5$  (neben 2.3—2.8%  $K_2O$  und 8—9% CaO); die sog. „faule Wand“, eine hydrothermale Zersetzungszone von etwa 2 m Mächtigkeit im „neuen Steinbruch“ am Gaffstein, enthält (ebenfalls nach NIELAND) durchschnittlich 3.8%  $P_2O_5$ ; zersetzte Gesteine, tuffartige Massen usw., die in einem Stollen beim „neuen Steinbruch“ angefahren wurden, zeigen ebenfalls einen außergewöhnlich hohen Phosphorsäuregehalt. Der Katzenbuckel ist wohl die phosphorsäurereichste Eruptivmasse, die wir in Deutschland haben. Eine nähere Untersuchung der Verteilung der Phosphorsäure ist in Aussicht genommen (vgl. NIELAND 1932).

## 2. Gau Württemberg-Hohenzollern.

Die Basalte und Tuffe des Uracher Vulkangebietes zeigen z. T. beträchtliche Phosphorsäuregehalte (6 Analysen mit 0.65—1.41%  $P_2O_5$ ); den Höchstwert von 1.41% (zusammen mit hohem Ca- und Mg-Gehalt) besitzt der Melilith-Basalt des Hochbohl bei Owen (STELZNER, 1883, S. 398). Vorhandene basaltische Lockermassen sollten daher auf ihre Verwertungsmöglichkeit geprüft werden.

In den Opalinus-Tonen wurden in der Gegend von Spaichingen (WENK 1927) in einer ganzen Reihe von Proben  $P_2O_5$ -Gehalte von 0.5—1% (in einer Kalklinse 1.67%) festgestellt. Das Gestein, das zugleich beträchtlichen Kalk- und Kaligehalt besitzt, verdient angesichts seiner weiten Verbreitung besondere Beachtung als Meliorationsmittel.

Die Lias-Ölschiefer (Posidonien-Schiefer) besitzen mindestens z. T.  $P_2O_5$ -Gehalte von 0.5—0.9% (vgl. HAUFF 1921); nach anderen Angaben (GAISSER 1921) ist der P-Gehalt gering; jedoch bestehen nach brieflicher Mitteilung der württembergischen Landesanstalt analytische Schwierigkeiten bei der Feststellung des P-Gehaltes der Schiefer. Falls die Ölgewinnung aus den Schiefen wieder aufgenommen werden sollte, muß die Verwertung der Rückstände als Meliorations-Mittel im Auge behalten werden.

Der P-Gehalt des Buntsandsteins und des unteren Muschelkalks des östlichen Schwarzwaldes wurden von BRÄUHÄUSER (1908) in vorbildlicher Weise untersucht. Als besonders P-reich haben sich die Röttone der Umgebung von Freudenstadt und einige Lagen des Wellengebirges erwiesen; jedoch bleibt der Gehalt dieser Gesteine durchweg unter 0.5%. Den Höchstwert zeigt ein Rötton mit 0.31%  $P_2O_5$  (die Zahlen für das Eck'sche Konglomerat mit 0.45 und 0.44% auf S. 6. sind vermutlich ein Druckfehler, vgl. die entsprechenden Angaben auf S. 15). Trotz dieser verhältnismäßig geringen Werte empfiehlt BRÄUHÄUSER die Röt- und Wellenkalkschichten zur Verbesserung der benachbarten Böden der Buntsandsteingebiete.

## 3. Gau Schwaben.

Die jungvulkanischen Tuffe des Ries-Gebietes haben z. T. Phosphorsäuregehalte von 0.5—1.0%. Die helvetische Kreide (insbesondere die Gault-Formation) des Allgäuer Alpenrandes enthält mehrere Schichten mit Phosphoritknollen, deren Bauwürdigkeit schon mehrfach erörtert worden ist; die Vorräte sind erheblich, und zwar sind die Muttergesteine größtenteils kalkhaltig.

## 4. Gau München-Oberbayern.

Die phosphoritführenden Schichten der helvetischen Kreide finden sich in ähnlicher Ausbildung wie im Allgäu auch in Oberbayern (Schliersee, Tegernsee, usw.). Bei Anwendung neuer Aufbereitungs- und Verwertungsmethoden scheint auch hier die Abbauwürdigkeit nicht ausgeschlossen zu sein.

Zu beachten ist ferner die Möglichkeit des Fortsetzens der tertiären Phosphatlager Oberösterreichs (Prambachkirchen usw.) nach Bayern.

## 5. Gau Bayerische Ostmark.

Die Phosphatlager von Amberg sind bekannt; sie sind z. Zt. wieder in Abbau genommen, zugleich wird die Lagerstätte von neuem wissenschaftlich untersucht mit dem Ziel, ähnlichen Lagerstätten in der Umgebung nachzuspüren.

Die fränkischen Jura-Schichten (Lias und Dogger), sowie die Kreideschichten der Umgebung von Regensburg enthalten zahlreiche Phosphoritknollen-Lagen, die zeitweilig Abbaueversuche veranlaßt haben (vgl. SCHMIDTILL 1934, SCHUSTER 1936, S. 370, KRUMBECK 1937).

Die Basalte des Fichtelgebirges haben z. T.  $P_2O_5$ -Gehalte bis zu 0.88%; in und bei diesen Basalten finden sich außerdem phosphoritische Massen als Gänge, Imprägnationen usw. in Mengen, die zeitweilig zu Abbaueversuchen Anlaß geben (vgl. REIS, 1924, S. 164).

Das kristalline Grundgebirge der Oberpfalz enthält ebenfalls z. T. Gesteine mit hohem P-Gehalt (z. B. Gestein von Gohlitsch 1.93%  $P_2O_5$ , vgl. DRESCHER, 1930, S. 511; Diorite von Krottenthal 0.88—1.15%  $P_2O_5$ , vgl. HEGEMANN, 1931, S. 401).

## 6. Gau Franken.

Einige Keuper-Letten der Umgebung von Erlangen enthalten 0.5—0.6%  $P_2O_5$  (vgl. SCHUSTER, 1936, S. 243); in Lias-Gesteinen hat SPOHN (1896)  $P_2O_5$ -Gehalte bis zu 0,45% nachgewiesen; im übrigen sind bisher keine Gesteine mit überdurchschnittlichem P-Gehalt bekannt. Die Juragebiete sind gemeinsam mit der Bayerischen Ostmark zu untersuchen, da die Gaugrenze geologische Grenzen durchschneidet.

## 7. Gau Mainfranken.

Im Spessart-Kristallin sind verschiedene recht hohe P-Gehalte nachgewiesen (z. B. Amphibolit von Hörstein 2.34%  $P_2O_5$ ; Amphibolit von Wenighösbach 0.88—1.84%  $P_2O_5$ , vgl. KLEMM, 1895, S. 222).

Ebenso sind von den Basalten (und auch Phonolithen) der Rhön  $P_2O_5$ -Gehalte bis zu 1.52% bekannt (vgl. LENK, 1887, S. 103).

Im Plattensandstein von Thüngersheim bei Würzburg sind 0.70%  $P_2O_5$  neben 7.88%  $K_2O$  nachgewiesen (vgl. SCHUSTER, 1921, S. 72). Der Wellenkalkschiefer von Würzburg enthält 0.46%  $P_2O_5$  (vgl. SCHUSTER, 1936, S. 38), ein Gehalt, der hauptsächlich deshalb beachtenswert ist, weil er in einem überwiegend kalkigen Gestein auftritt.

## 8. Gau Thüringen.

Die Alaunschiefer des Culm auf Blatt Lehesten enthalten phosphoritische Konkretionen, außerdem hat der Schiefer selbst einen Phosphorsäuregehalt von 0.32—0.48% (vgl. ZIMMERMANN, 1910, S. 39). Die Abraummassen der Schiefergewinnung sollten daher auf ihre Verwertbarkeit nachgeprüft werden. HESS VON WICHENDORFF (1928) hat auch auf den hohen Eisen- und Mangangehalt der „Kieskälber“ des thüringischen Culmdachschiefers hingewiesen und Verwertung derselben als Eisen- und Manganerze angeregt.

Von den Eruptivgesteinen des Thüringer Waldes, insbesondere von den rotliegenden Porphyriten usw. sind zahlreiche Analysen mit 0.5—1.0%  $P_2O_5$  bekannt (vgl. HAASE 1915).

Die basaltischen Gesteine der östlichen Rhön enthalten erhebliche  $P_2O_5$ -Gehalte (bis zu 2.01% nachgewiesen, vgl. SCHMIDT 1902).

Aus dem ostthüringischen Röt sind Tonmergel mit 0.5—0.6%  $P_2O_5$  bekannt, die wegen des hohen Kalk- und Kaligehaltes Beachtung verdienen (vgl. SCHMID 1882).

### 9. Gau Kurhessen.

Eine sehr große Anzahl der tertiären Basalte hat erhebliche Phosphorsäuregehalte; in 19 veröffentlichten Analysen sind  $P_2O_5$ -Gehalte von über 1% nachgewiesen; die höchsten Werte zeigt ein Trachydolerit von der Wilhelmshöhe bei Kassel (3.29%  $P_2O_5$ , vgl. SCHLOSSMACHER, 1911, S. 666) und ein Trachydolerit von Gudensberg (1.98%  $P_2O_5$ , vgl. BLANCKENHORN, 1919, S. 65).

In den Diabasen des Kellerwaldes hat CHELIUS (1881, S. 31) Gehalte von 1.12—5.01%  $P_2O_5$  nachgewiesen.

### 10. Gau Hessen-Nassau.

In Hessen-Nassau sind Gesteine mit überdurchschnittlichem Phosphorsäuregehalt wesentlich reichlicher vorhanden als in allen übrigen deutschen Gauen. Es liegt dies nicht nur daran, daß hier die basischen Eruptivgesteine ihre größte Verbreitung besitzen (Basalte des Vogelsberges und Westerwaldes, Diabase und Schalteine der Lahn- und Dillmulde). Es kommt noch dazu, daß das kristalline Grundgebirge des Odenwaldes einen im Vergleich mit anderen Grundgebirgsgebieten außergewöhnlichen Reichtum an Phosphorsäure besitzt. Es ist dies eine auch rein wissenschaftlich beachtenswerte Tatsache, die besondere Bedeutung dadurch erhält, daß nicht nur die alten Tiefengesteine des Odenwaldes diesen hohen durchschnittlichen Phosphorsäuregehalt besitzen, sondern daß auch die tertiären Eruptiva des Odenwaldes sich durch ihren Phosphorsäuregehalt auszeichnen; es gehören hierher neben den Basalten des nördlichen Odenwaldes auch die schon oben (bei Gau Baden) erwähnten Gesteine des Katzenbuckels. Im Ganzen sind aus dem Bereich des Gaus Hessen-Nassau (ohne den Katzenbuckel und ohne die Analysen der Lahn-Phosphate) über 200 Gesteinsanalysen mit über 0.5%  $P_2O_5$  veröffentlicht, und dabei sind 80 Analysen mit über 1%  $P_2O_5$ , 17 Analysen mit über 2%  $P_2O_5$ . Es ist dies ein Vielfaches der aus anderen Gauen bekannten Analysenzahlen.

Unter den Tiefengesteinen des Odenwaldes haben sowohl die Granite wie auch die Granitporphyre, Gabbros und Diorite hohe Phosphorsäuregehalte aufzuweisen. Die jeweiligen Höchstwerte sind:

Granit von Heubach bei Groß-Umstadt 3.29%  $P_2O_5$  (KLEMM, 1895, S. 238);  
 Gabbrogrus von Niederbeerbach 2.36% (LUEDECKE, 1908, S. 56);  
 Gabbro von Seeheim 2.04% (KLEMM, 1906, S. 12);  
 Granitporphyr von Steinau 2.07% (CHELIUS, 1894, S. 38);

Diabas von Nonrod 2.17% (CHELIUS, 1894, S. 37);

Diorit von Weinheim 1.75% (KLEMM, 1926, S. 123).

Auch ein Cordierit-Hornfels von Eberstadt hat 1.23%  $P_2O_5$  (KLEMM, 1926, S. 157).

Unter den tertiären Eruptivgesteinen des Odenwaldes sind (abgesehen vom badischen Katzenbuckel) vor allem die Basalte des Roßberg zu nennen; ein beim Abbau des Basaltes stehengebliebener Kegel von Basaltgrus enthält 3.73%  $P_2O_5$  (LUEDECKE, 1908, S. 56); andere Analysen vom Roßberg zeigen geringere, aber immer noch sehr erhebliche P-Werte. Auf den Klüften des Basaltes sind Phosphate ausgeschieden. Die Lagerstätte wird z. Zt. durch Dr. STÜTZEL (Darmstadt) neu untersucht, vor allem im Hinblick auf die Phosphatführung. Auch andere Basalte des nördlichen Odenwaldes haben auffallend hohen P-Gehalt, so der Nephelin-Basalt vom Hitzberg bei Darmstadt mit 3.98% (KLEMM, 1907, S. 40) und der Hornblendebasalt von Mitlechtern mit 2.24%  $P_2O_5$  (KLEMM, 1931, S. 599).

Verhältnismäßig arm an Phosphorsäure sind im Vergleich dazu die Basalte des Vogelsberges; immerhin sind in den Basalten von Dreihäusen 1.46%  $P_2O_5$  nachgewiesen (SCHOTTLER, 1908, S. 460), und noch 10 weitere Analysen zeigen Gehalte über 1%  $P_2O_5$ . Auf Dolerit-Klüften wurde Phosphorit in der südlichen Wetterau zwischen Ostheim und Eichen gefunden (BROMEIS 1853).

Im Westerwald sind in Andesiten  $P_2O_5$ -Gehalte bis zu 1.55% nachgewiesen; der durchschnittliche P-Gehalt dieser Gesteine ist recht hoch (SCHNEIDERHÖHN, 1912, S. 304).

Die palaeozoischen Eruptiva des Lahn- und Dillgebietes sind ebenfalls durch hohe P-Gehalte ausgezeichnet. Bei den sog. Schalsteinen sind Gehalte bis 3.13%  $P_2O_5$  nachgewiesen (KAYSER, 1907, S. 56); ein Zusammenhang der P-Gehalte der Schalsteine mit den Phosphorit-Lagerstätten des Lahngbietes wird vermutet (vgl. KEGEL, 1923, S. 234). Bei Diabasen steigt der Gehalt an  $P_2O_5$  bis zu 2.56% (BRAUNS, 1906, S. 276). Im Quarzporphyr von Ballersbach sind 1.98—2.03% nachgewiesen (BRAUNS, 1909, S. 315); auch von Keratophyren sind mehrere Analysen mit über 1%  $P_2O_5$  bekannt.

Unter den nicht-vulkanischen Gesteinen sind die Corbicula-Kalke von Weisenau hervorzuheben, die 0.42—0.85%  $P_2O_5$  enthalten (LUEDECKE, 1899, S. 214); für Kalkstein ist dies ein recht beträchtlicher P-Gehalt, der Verwertung dieser Gesteine als Düngekalk empfehlenswert macht, sofern die erwähnten Gehalte durchgehend vorhanden sind, was noch nicht näher untersucht ist.

Auffallend ist der hohe P-Gehalt eines Lösses von Wembach im Odenwald mit 2.48%  $P_2O_5$  (CHELIUS, 1901, S. 35); eine zweite Analyse von einem benachbarten Fundpunkt zeigt nur 0.12%  $P_2O_5$ .

Zu erwähnen ist noch der P-Gehalt der Schlackenhalde von Messel; die Schwel-Rückstände enthalten nach einer brieflichen Mitteilung der Gewerkschaft Messel 0.6—0.8%  $P_2O_5$ . WITTICH (1899, S. 87) gibt 0.94%  $P_2O_5$  an. Die Phosphorsäure ist ursprünglich in Gestalt von Messelit im Ölschiefer enthalten.

## 11. Gau Saar-Pfalz.

P-reiche Coprolithen sind aus den Ottweiler Schichten beschrieben (Erläuterung z. geol. Spezialkarte, Bl. Henweiler, S. 7).

Der Augitporphyrat vom Hochstein im Alsenztal enthält 1.44%  $P_2O_5$  (REIS, 1921, S. 79). Der Nephelinbasalt vom Pechsteinkopf bei Dürreheim hat 0.52%  $P_2O_5$  (SCHUSTER, 1910, S. 107). Sonst sind nur Analysen mit weniger als 0.5%  $P_2O_5$  bekannt.

## 12. Gau Koblenz-Trier.

Von den Eifel-Basalten sind 20 Analysen mit über 0.5%  $P_2O_5$  bekannt; den Höchstwert von 1.44% zeigt ein Melilith-Basalt vom Killer Kopf (HAARDT, 1916, S. 200).

## 13. Gau Köln-Aachen.

Die Analysen, welche HOCKS (1893, S. 16) von den Glimmerandesiten des Froschbergs im Siebengebirge veröffentlicht hat, zeigen durchweg 0.50—0.58%  $P_2O_5$ . Der Basalt des Kuchsteins bei Obercassel enthält 0.55%, der Basaltzersatz vom gleichen Fundpunkt 0.67%  $P_2O_5$  (KAISER, 1904, S. 18).

## 14. Gau Düsseldorf und 15. Gau Essen.

Gesteine mit überdurchschnittlichem Phosphorsäuregehalt sind nicht bekannt.

## 16. Gau Westfalen-Süd.

In den Grünsandsteinen der Oberen Kreide von Soest sind 1.7% und 1.19%  $P_2O_5$  nachgewiesen (v. D. MARCK, 1856, S. 141/2); diese Grünsande sind außerdem ziemlich kalkreich. Man sollte im Hinblick auf diese Analysen allen Kreide-Grünsanden Nordwestdeutschlands erhöhte Beachtung bezüglich ihrer Verwertbarkeit als Bodenverbesserungsmittel schenken.

Die liegenden Alaunschiefer des Culm enthalten (nach brieflicher Mitteilung von Prof. SCHMIDT-Göttingen) besonders im Hönnetal zahlreiche Phosphoritknollen, deren Bauwürdigkeit bisher schon, allerdings ohne Erfolg, erörtert wurde.

## 17. Gau Westfalen-Nord.

Der Grünsand des Oligocaens der Gegend von Wennewick (bei Vreden) enthält 0.97%  $P_2O_5$  (davon 0.66% löslich in 2% Zitronensäure); an der Basis dieser Grünsande finden sich Phosphoritknollen, die während des Krieges (bei Ülsen im Gau Weser-Ems) abgebaut wurden (BENTZ, 1930, S. 25).

## 18. Gau Hannover-Süd.

Die Kreideschichten des Harz-Vorlandes enthalten in zahlreichen Horizonten Phosphorite (KUMM, 1936, S. 46); z. T. wurden diese Phosphorite früher abgebaut (WEIGELT 1922; STUTZER, 1932, S. 96). Insbesondere die Emscherphosphorite am Scharenberge verdienen Beach-

tung (briefliche Mitteilung von KUMM, vgl. ERDMANNSDÖRFFER-SCHRÖDER, 1908, S. 110 ff.).

Die palaeozoischen Eruptivgesteine des Harzes (Diabase, Keratophyre, Gabbro, usw.) enthalten beträchtliche P-Gehalte; die Höchstwerte zeigen ein Keratophyr-Mandelstein von Wienrode mit 1.65%  $P_2O_5$  und ein Diabas von Neuwerk mit 1.50% (ERDMANNSDÖRFFER, 1909, S. 40).

Von den Basalten des Wesergebiets enthält ein Basalt vom Staufenberg bei Wiershausen 1.07%  $P_2O_5$  (RINNE, 1893, S. 79); auch die Solling-Basalte sind ziemlich P-reich; in einem zersetzten Basalt von der Bramburg sind 1.01%  $P_2O_5$  nachgewiesen (GRUPE-STREMME, 1919, S. 289).

#### 19. Gau Weser-Ems.

Aus den Grünsanden des Oligocäens wurden während des Krieges bei Ülsen Phosphatknollen abgebaut, möglicherweise besitzen auch die Grünsande selbst einen beachtenswerten P-Gehalt (vgl. Gau Westfalen-Nord).

#### 20. Gau Hannover-Ost.

Der untereocäne Ton von Hemmoor enthält Phosphoritknollen (GAGEL 1923). — In einem interglazialen Ton von Lüneburg sind 0.84%  $P_2O_5$  nachgewiesen (GAGEL, 1928, S. 137).

In der Torfasche des Kehdinger Moores ist ein verhältnismäßig recht hoher P-Gehalt nachgewiesen worden (1.45—5.95%  $P_2O_5$ , vgl. SCHUCHT, 1905, S. 637); dies legt es nahe, den Torfaschen auch sonst wegen ihrer Verwertbarkeit für Bodenverbesserung Beachtung zu schenken.

#### 21. Gau Schleswig-Holstein.

Im Alttertiär von Schleswig-Holstein sind Phosphoritknollenschichten in Tongesteinen an verschiedenen Stellen bekannt geworden (GAGEL 1923, WETZEL 1936); insbesondere die Tarras-Schichten von Fehmarn bieten gewisse Aussichten, ebenso (nach brieflicher Mitteilung von Herrn WETZEL-Kiel) die eocänen Grünsande von Lütjensee in Stormarn (WEYL 1935); der Phosphorsäuregehalt der eocänen Tuffite (WIRTZ 1937) ist leider noch nicht untersucht worden\*).

#### 22. Gau Mecklenburg.

In Mecklenburg sind ähnlich wie in Schleswig-Holstein Phosphoritknollen aus den Alttertiärschichten bekannt (GROSS 1914); beachtenswert ist, daß die Phosphorite hier auch in Kalkschichten auftreten (LEMCKE, 1937, S. 10 ff.).

#### 23. Gau Magdeburg-Anhalt.

Die phosphoritführenden Kreideschichten des Harzvorlandes erstrecken sich auch in den Bereich des Gaues Magdeburg-Anhalt; es gilt

\* Eine inzwischen gemachte Analyse einer Durchschnittsprobe mehrerer Tuffitstücke ergab 2.16%  $P_2O_5$ , die Proben verdanke ich Herrn Prof. WETZEL (Kiel).

daher für dieses Gebiet dasselbe, was oben für den Gau Hannover-Süd gesagt wurde.

#### 24. Gau Halle-Merseburg.

Bisher sind keine nennenswerten Gesteine mit überdurchschnittlichem Phosphorsäuregehalt bekannt geworden.

#### 25. Gau Sachsen.

Phosphoritknollen finden sich in den Alaun- und Kieselschiefern des Obersilurs im Vogtlande; die knollenfreien Teile der Kieselschiefer besitzen einen ziemlich hohen durchschnittlichen P-Gehalt (bis zu 0.92%  $P_2O_5$ , vgl. KRUF, 1902, S. 30). — Phosphoritknollen sind auch aus dem Oligocaen der Gegend von Leipzig bekannt.

Von den tertiären Eruptivgesteinen Sachsens sind eine ganze Anzahl Analysen mit hohem P-Gehalt bekannt; die höchsten Gehalte (bis zu 2.76%  $P_2O_5$ ) zeigt der Nephelindolerit des Löbener Berges (STOCK, 1888).

Auch die Gesteine des kristallinen Grundgebirges sind z. T. sehr P-reich; so ist im Hauptgneis von Annaberg ein Gehalt von 1.66%  $P_2O_5$  nachgewiesen (GÄBERT, 1907, S. 326); aus dem Granitstock von Fleyh sind Gehalte bis zu 1.40%  $P_2O_5$  bekannt (BECK, 1889). Zahlreiche weitere Analysen zeigen geringere, aber ebenfalls noch verhältnismäßig hohe P-Gehalte.

#### 26. Gau Schlesien.

Von alten wie von jungen Eruptivgesteinen Schlesiens liegen im ganzen 29 Analysen mit mehr als 0.5%  $P_2O_5$  vor. Die Fundstellen liegen durchweg in Niederschlesien. Höchstwerte zeigt der quarzfreie Porphyr von Ober-Horka mit 2.62 und 1.71%  $P_2O_5$  (STEGE, 1884), ein Kersantit von Buchwald, Blatt Warmbrunn, mit 1.51% (BERG, 1921, S. 36) und ein Basalt vom Steinberg (Bl. Goldberg) mit 1.36%  $P_2O_5$  (ZIMMERMANN, 1919, S. 58).

#### 27. Gau Kurmark.

In den oberoligocaenen Glaukonit-Mergeln von Gumtow auf Blatt Demertin sind 1.06%  $P_2O_5$  (neben 29.83%  $CaCO_3$  und 3.04%  $K_2O$ ) nachgewiesen; das Gestein wurde schon früher als Meliorationsmittel verwandt (GRUNER 1894).

#### 28. Gau Pommern.

Alttertiärschichten mit Phosphoritknollen sind in Pommern in ähnlicher Ausbildung wie in Schleswig-Holstein und Mecklenburg vorhanden (GAGEL 1906 und 1923); was für jene Gebiete gesagt wurde, gilt also auch für Pommern. Nach einer brieflichen Mitteilung von Prof. v. BUBNOFF-Greifswald sind außerdem in Bohrungen Phosphoritknollen-Horizonte im Cenoman und im Gault nachgewiesen.

#### 29. Gau Ostpreußen (und Danzig).

Das Alttertiär (Bernsteinformation) enthält an vielen Stellen reichlich Phosphoritknollen und sogar Phosphoritbänke, deren Bau-

würdigkeit schon öfters erörtert wurde, und die jetzt unter Berücksichtigung neuer wirtschaftlicher und technischer Möglichkeiten wieder beachtet werden sollten. In dem Bernstein-Tagebau von Palmnicken werden große Mengen von Phosphoriten gefördert; ein früherer gelegentlicher Versuch, die Knollen herauszuhalten, wurde nicht fortgesetzt. Auf dem künstlichen Vorstrand bei Palmnicken, der durch das Auswaschen der blauen Erde entstanden ist, finden sich ganze Pflaster von Phosphoritknollen, die hier leicht tonnenweise aufgesammelt werden könnten (nach brieflichen Mitteilungen von Prof. ANDRÉE-Königsberg; vgl. auch HESS v. WICHENDORFF 1913, JENTZSCH 1920, ANDRÉE 1920). Noch nicht untersucht ist bisher die Frage, ob die „blaue Erde“ insgesamt einen überdurchschnittlichen Phosphorsäuregehalt besitzt\*). Auch die Kreideschichten Ostpreußens enthalten Phosphorite (JENTZSCH 1920).

Wegen ihres besonders hohen P-Gehaltes verdienen auch die Raseneisensteine und Sumpferze Ostpreußens Beachtung. Es sind Analysen von Sumpferz mit bis zu 10.75% P (nicht  $P_2O_5$ ) bekannt (DORFF, 1935, S. 72); ANDRÉE (1920, S. 11) erwähnt Schlackenhalde mit bis zu 9%  $P_2O_5$  und 11% CaO. Diese P-reichen Sumpferze sind ein Beweis dafür, daß bei den Verwitterungsvorgängen (Bleicherdebildung) in den ostpreußischen Wäldern nicht nur Eisen, sondern auch Phosphorsäure aus dem Verwitterungsboden auswandert.

## Ergebnisse:

Phosphorit-Lagerstätten 1. Ordnung, die unmittelbar und nach weltwirtschaftlichen Gesichtspunkten für die Gewinnung von Phosphorsäure-Düngemitteln abgebaut werden können, sind in Deutschland bisher fast unbekannt; auch die bisher zeitweilig abgebauten Lagerstätten (Lahn-Gebiet, Amberg) sind nur beschränkt bauwürdig, ihre bisher nachgewiesenen Vorräte sind außerdem sehr klein. Da aber Phosphatlagerstätten verhältnismäßig leicht übersehen werden, so ist die Auffindung neuer, bauwürdiger Lagerstätten nicht ganz ausgeschlossen. Es muß überall nach derartigen Möglichkeiten Ausschau gehalten werden. Die bisher bekannten Lagerstätten müssen sorgfältig wissenschaftlich untersucht werden, da die Ermittlung der Gesetzmäßigkeiten dieser Lagerstätten Anhaltspunkte für die Auffindung bisher unbekannter Lagerstätten geben kann.

Als Phosphoritlagerstätten 2. Ordnung kann man die recht zahlreichen Fundstellen von Phosphoritknollen in sedimentären Gesteinen bezeichnen, die bisher gar nicht oder nur in sehr beschränktem Umfange abgebaut werden konnten. Die Vorräte Deutschlands an derartigen Lagerstätten können noch nicht zahlenmäßig erfaßt werden, jedoch sind diese Vorräte vermutlich recht erheblich. Zur Beurteilung der sich daraus ergebenden Möglichkeiten ist eine Bestandsaufnahme erforderlich, welche sich auf die Fundstellen, die Ausdehnung und Mächtigkeit der Lagerstätten sowie die Beschaffenheit des Nebengesteins der Knollen erstreckt. Ziel dieser Maßnahmen ist entweder Ausbeutung der Lagerstätten unter Anwendung neuer (von der Beschaffenheit des Muttergesteins

\*) Eine inzwischen gemachte Analyse einer Probe der Blauen Erde von Palmnicken ergab nur 0.07%  $P_2O_5$ .

abhängiger) Aufbereitungsmethoden, so daß die Knollen als Rohstoff für hochwertige Phosphorsäure-Düngemittel ausgehalten werden können, oder, falls dies nicht möglich ist, muß die Möglichkeit ins Auge gefaßt werden, das knollenführende Gestein in seiner Gesamtheit als Meliorationsmittel zu verwerten; dabei spielt ebenfalls der Phosphorsäuregehalt und die sonstige Beschaffenheit des Muttergesteins eine entscheidende Rolle. Beachtung verdienen dabei insbesondere die phosphoritführenden Kalk- und Mergelschichten, die von einer Reihe der oben angeführten Fundstellen gemeldet sind.

Als Phosphorsäure-Reserven 3. Ordnung sind alle Gesteine mit überdurchschnittlichem P-Gehalt, also zunächst einmal alle Gesteine mit mindesten 1%  $P_2O_5$ , oder, wo derartige Gesteine fehlen, auch die Gesteine mit 0.5—1%  $P_2O_5$  zu betrachten. Die oben gegebene vorläufige Zusammenstellung zeigt, daß derartige Gesteine in Deutschland reichlich vorhanden sind; allerdings ist ihre Verteilung ungleichmäßig, einige Gebiete sind sehr reich an diesen Gesteinen, andere recht arm. Die in diesen Gesteinen vorhandenen Phosphorsäure-Vorräte sind außerordentlich groß; die Verwertungsmöglichkeiten für diese Phosphorsäurevorräte sind allerdings bisher noch ganz unbefriedigend, es ist daher noch weitere Forschungs- und Versuchs-Arbeit nötig, um diese Vorräte nutzbar zu machen. Insbesondere für die Verbesserung armer Waldböden und für die Urbarmachung armer Heide- und Moorflächen kann auch schon jetzt, bei günstiger räumlicher Lage, eine Verwertung in Frage kommen.

Es ist daher eine wichtige Aufgabe der geologischen Landesplanung, in Ergänzung der oben gegebenen Zusammenstellung überall diejenigen Gesteine festzustellen, die infolge ihres hohen P-Gehaltes sowie sonstiger günstiger Eigenschaften in erster Linie für Meliorationsarbeiten in Frage kommen. Zu beachten sind dabei insbesondere Gesteine, die neben dem hohen P-Gehalt auch einen hohen Kalkgehalt besitzen, und die außerdem auch eine günstige mechanische Beschaffenheit aufweisen (Tuffe und sonstige zermürbte Eruptivgesteine, Glaukonitmergel\*), usw.). Zu beachten sind auch alle Gesteinsmassen, die als Abfall bei sonstigen Steingewinnungsarbeiten auf Halde gelegt werden, die also keine besonderen Gewinnungskosten verursachen und meist schon einigermaßen zerkleinert sind; dasselbe gilt für die wegen Zermürbung und Vergrusung unbauwürdig in den Steinbrüchen zurückbleibenden Gesteinsmassen. Die Verwertung derartiger Abfälle und Abraummassen zur Bodenverbesserung in benachbarten Gebieten (z. B. unter Einsatz des Reichsarbeitsdienstes) kann für den Steinbruchbetrieb von Vorteil sein. Andererseits sollte man Gesteine mit besonders hohem Phosphorsäuregehalt (der Grenzwert ist je nach der Gegend verschieden) vor der Verarbeitung für andere Zwecke schützen und sie als zukünftige

\*) Auf Grünsande und Glaukonitmergel muß hier besonders hingewiesen werden; es sind mir bisher nur 5 Gesamtanalysen deutscher Gesteine dieser Art bekannt. Nur eine dieser Analysen zeigte 0.17%  $P_2O_5$ , die anderen zeigten: 0.97%, 1.06%, 1.06% und 1.79%  $P_2O_5$ ; der durchschnittliche P-Gehalt dieser Gesteine liegt also offenbar sehr hoch, dabei haben sie auch sonst günstige chemische und mechanische Eigenschaften.

Phosphorsäure-Reserven zurückstellen, sofern der Bedarf an Schotter- und Bausteinen in derselben Gegend auch durch Gesteine mit geringerem P-Gehalt gedeckt werden kann.

Die hier geschilderten Aufgaben können nur durch Gemeinschaftsarbeit der deutschen Geologen, bzw. der verschiedenen geologischen Institute und Landesanstalten gelöst werden. Ob die Ergebnisse der Untersuchungen binnen kurzem zu einer greifbaren Erleichterung unserer Phosphorsäureversorgung führen werden, ist zweifelhaft; solange wir unseren Phosphorsäurebedarf durch Einfuhr decken können, ist dies sicher der bequemere und leichtere Weg. Und wenn es gelingt, den Phosphorsäuregehalt der städtischen Abwässer besser als bisher auszunützen, so wird der zusätzliche Bedarf an Phosphorsäure sich stark vermindern. Es bleibt aber auch dann noch ein Zuschußbedarf übrig, namentlich wenn man in verstärktem Maße dazu übergehen sollte, den Nährstoffvorrat unserer armen Waldböden zu verbessern. Da die Phosphorsäure-Einfuhr durch politische und wirtschaftliche Einflüsse leicht gefährdet werden kann, so haben wir die Pflicht, für alle Fälle vorzusorgen und uns einen Überblick zu verschaffen über die Phosphorsäure-Reserven, die innerhalb unseres deutschen Raumes vorhanden sind, und auf die wir im Notfalle zurückgreifen können. Wenn nachgewiesen ist, wo die verborgenen Vorräte liegen, so wird die Not und der Erfindungsgeist des deutschen Volkes uns schon die Wege weisen, auf denen wir diese Vorräte nutzbar machen können.

#### Schriftenverzeichnis.

- ALBERT, R.: Ein nachhaltig wirksamer Forstdüngungsversuch. — Forstarchiv, Jg. 1936, S. 158—162. Hannover 1936.
- ANDRÉE, K.: Die Versorgung Ostpreußens mit Rohstoffen aus heimischen Lagerstätten. — (Sonderdruck der Hartungschen Zeitung). Königsberg 1920.
- BECK, R.: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Sachsen, Sect. Nassau. 1889.
- BENTZ, A.: Erläuterungen zur geologischen Karte von Preußen, Bl. Vreden und Wennewick. Berlin 1930.
- BERG, G.: Erläuterungen zur geologischen Karte von Preußen, Bl. Warmbrunn. Berlin 1921.
- BLANCKENHORN, M.: Erläuterungen zur geologischen Karte von Preußen, Bl. Gudensberg. Berlin 1919.
- BRÄUHÄUSER, M.: Über Vorkommen von Phosphorsäure im Buntsandstein und Wellengebirge des östlichen Schwarzwaldes. — Mitt. geol. Abt. württ. statist. Landesamtes 4 (1907), S. 1—22. Stuttgart 1908.
- BRAUNS, R.: Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der devonischen Eruptivgesteine im Gebiete der Lahn u. Dill. — N. Jb., Beil.-Bd. 27, S. 261—325. Stuttgart 1909.
- BROMEIS, C.: Über den Osteolith (phosphorsauren Kalk) und dessen lagerhaftes Vorkommen im Dolerit der Wetterau. — Ann. Chem. u. Pharm., 79.-Ref. N. Jb., 1853, S. 705.
- CHELIUS, C.: Die Quarzite und Schiefer am Ostrande des Rheinischen Schiefergebirges und deren Umgebung. — Inaug.-Diss. Marburg 1881.
- : Mitteilungen aus dem Aufnahmegebiet des Sommers 1894. — Notizblatt Ver. Erdk. u. hess. geol. Landesanstalt, (4. F.), H. 15, S. 16—37. Darmstadt 1894.
- : Erläuterungen zur geologischen Karte von Hessen, Bl. Neunkirchen. Darmstadt 1901.

- DORFF, P.: Biologie des Eisen- und Mangankreislaufs. — Verlagsgesellschaft für Ackerbau. Berlin 1935.
- DRESCHER, F. K.: Zur Genese der Diorite von Fürstenstein. — N. Jb., Beil.-Bd. **60**, A., S. 445—530. Stuttgart 1930.
- EHRENBERG, P.: Die Bodenkolloide, 3. Aufl. — Verlag Th. Steinkopff. Dresden und Leipzig 1922.
- ERDMANNSDÖRFFER, O. H.: Über die systematische Stellung der Harzer Keratophyre. — Cbl. Min., 1909, S. 33—41. Stuttgart 1909.
- ERDMANNSDÖRFFER O. H. u. H. SCHRÖDER: Erläuterungen zur geologischen Karte von Preußen, Bl. Harzburg. Berlin 1908.
- GÄBERT, G.: Die Gneise des Erzgebirges und ihre Kontaktwirkung. — Z. deutsch. geol. Ges. **59**, S. 308—376. Berlin 1907.
- GAGEL, C.: Über das Vorkommen des Untereocaens (Londonton) in der Uckermark und in Vorpommern. — Z. deutsch. geol. Ges. **58**, Monatsber., S. 309—326. Berlin 1906.
- : Die chemische Beschaffenheit und Unterscheidungsmöglichkeit der Untereocaentone und der mitteloligocänen Septarientone. — Jb. preuß. geol. Landesanstalt, **43** f. 1922, S. 182—196. Berlin 1923.
- : Über das Alter der letzten nachweisbaren Hebung des Lüneburger Zechstein-Kreidehorstes. — Jb. preuß. geol. Landesanstalt, **48** f. 1927, S. 136—140. Berlin 1928.
- GAISSER, F. C.: Über württembergische Ölschiefer. — Chemiker-Zeitung 1921, S. 837—839.
- GROSS, R.: Der Mecklenburgische Eocaen und seine Konkretionen. — Archiv Ver. Freunde Naturgesch. Mecklenburgs **68**, S. 1—24. 1914.
- GRUNER, H.: Über die chemische Zusammensetzung des Gumtowers oberoligocänen Mergels auf Blatt Demertin. — Jb. preuß. geol. Landesanstalt, **14** f. 1893, S. LVII. Berlin 1894.
- GRUPE, O. u. H. STREMMER: Die Basalte des Sollings und ihre Zersetzungsprodukte. — Jb. preuß. geol. Landesanstalt, **32**, I, f. 1911, S. 242—300. Berlin 1913.
- HAARDT, W.: Die vulkanischen Auswürflinge und Basalte am Killer Kopf bei Rockeskill in der Eifel. — Jb. preuß. geol. Landesanstalt, **35**, II, f. 1914, S. 177—253. Berlin 1916.
- HAASE, K. C.: Die Gauverwandtschaft der Ergußgesteine im Rotliegenden des nord-westlichen Thüringer Waldes. — Diss. Jena 1915. — Chem. d. Erde **1**, S. 171—218. 1915.
- HAUFF, B.: Untersuchung der Fossilfundstätten von Holzmaden im Posidonien-schiefer des Oberen Lias Württembergs. — Palaeontographica **64**, S. 1—42. Stuttgart 1921.
- HEGEMANN, FR.: Mikroskopische, chemische und tektonische Untersuchungen zur Genesis der Diorite bei Krottenthal, Oberpfalz. — Cbl. Min. usw., 1931, A, S. 401—418. Stuttgart 1931.
- HESS v. WICHENDORFF, H.: Ein neues Vorkommen von phosphoritführender unteroligocäner Bernsteinformation bei Steinitten im Samlande und seine Natur als Diluvialscholle. — Jb. preuß. geol. Landesanstalt, **32** f. 1911, I, S. 344—352. Berlin 1913.
- : Über Sphaerosiderit-Horizonte im Culmdachschiefer der Gegend von Lehesten und Probstzella im südöstlichen Thüringer Wald. — Jb. preuß. geol. Landesanst., **48** f. 1927, S. 141—151. Berlin 1928.
- HOCKS, W.: Der Froschberg im Siebengebirge. — Jb. preuß. geol. Landesanst., **12** f. 1891, S. 1—17. Berlin 1893.
- HUMMEL, K.: Argonnen und Champagne. — (Die Kriegsschauplätze 1914—1918, herausgeg. v. Priv.-Doz. Dr. J. WILSER, H. 5), Verlag Gebr. Borntraeger. Berlin 1923.
- : Der Phosphorsäurehaushalt Deutschlands. — Z. „Reichsplanung“ **2**, H. 4, April 1936, S. 118—122. Berlin 1936.
- JENTZSCH, A.: Über Phosphoritvorkommen in Westpreußen. — Jb. preuß. geol. Landesanstalt, **39** f. 1918, I, S. 96—132. Berlin 1920.
- KAISER, E.: Über Bauxit- und Laterit-artige Zersetzungsprodukte. — Z. deutsch. geol. Ges. **56**, Monatsber., S. 17—25. Berlin 1904.
- KAYSER, E.: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen, Bl. Herborn. Berlin 1907.

- KEGEL, W.: Die Phosphoritlagerstätten in Nassau. — Jb. preuß. geol. Landesanstalt, **43** f. 1922, S. 197—240. Berlin 1923.
- KLEMM, G.: Beiträge zur Kenntnis des kristallinen Grundgebirges im Spessart. — Abh. hess. geol. Landesanstalt **2**, S. 165—258. Darmstadt 1895.
- : Beobachtungen über die genetischen Beziehungen der Odenwälder Gabbros und Diorite. — Notizbl. Ver. Erdk. u. geol. L.-A. Darmstadt, (4. F.), H. **27**, S. 4—26. Darmstadt 1906.
- : Über einige Basalte und basaltähnliche Gesteine des nördlichsten Odenwaldes. — Notizbl. Ver. Erdk. u. geol. L.-A. Darmstadt, (4. F.), H. **28**, S. 33—48. Darmstadt 1907.
- : Über die chemischen Verhältnisse der Gesteine des kristallinen Odenwaldes und des kristallinen Vorspessart. — Notizbl. Ver. Erdk. u. geol. L.-A. Darmstadt, (5. F.), H. **8**, S. 115—169. Darmstadt 1926.
- : Über den Hornblendebasalt von Mitlechtern im Odenwald. — N.Jb., Beil.-Bd. **64**, A, S. 593—601. Stuttgart 1931.
- KRUFT, L.: Die Phosphoritführung des vogtländischen Obersilurs und die Verbreitung des Phosphorits im Altpalaeozoicum Europas. — N. Jb., Beil.-Bd. **15**, S. 1—65. Stuttgart 1902.
- KRUMBECK, L.: Stratigraphie und Faunenkunde des Lias  $\gamma$  in Nordbayern. — Z. deutsch. geol. Ges. **88**, 1936, S. 129—222. Berlin 1937.
- KUMM, A.: Die Schichtenfolge im Kanaleinschnitt bei Wenden. — Jb. preuß. geol. L.-A. **57**, S. 14—47. Berlin 1936.
- LANG, R.: Forstliche Standortlehre (forstliche Geologie). — Handb. d. Forstwissenschaft **1**. Tübingen 1926.
- : Studien zur forstlichen Düngung. — Forstwissenschaftliches Cbl., 1933, H. 8, H. 16/17, H. 18. Berlin 1933.
- : Erfordert der gute Waldstandort nährstoffreichen Boden? — Allgem. Forst- u. Jagdzeitung **110**, S. 73—79. Frankfurt 1934.
- LEMCKE, K.: Geologie und Tektonik der Diedrichshäger Berge bei Arendsee-Bruns- haupten i. M. — Mitt. Mecklenb. geol. L.-A. **46**, (N. F.) **11**. Rostock 1937.
- LENK, H.: Zur geologischen Kenntnis der südlichen Rhön. — Inaug.-Diss. Würz- burg 1887.
- LENT, J.: Neues vom Owinger Forstdüngungsversuch. — Z. „Die Phosphorsäure“, Jg. 1933, S. 156—166. Berlin 1933.
- LUEDECKE, C.: Die Boden- und Wasserverhältnisse des Odenwaldes und seiner Umgebung. — Abh. hess. geol. L.-A. **4**, S. 1—183. Darmstadt 1908.
- VON DER MARCK, W.: Chemische Untersuchung von Gesteinen der oberen west- fälischen Kreidebildungen. — Z. deutsch. geol. Ges. **8**, S. 132—150. Berlin 1856.
- NIELAND, H.: Beiträge zur Mineralogie und Petrographie des Katzenbuckels i. O. — N. Jb., Beil.-Bd. **63**, A, S. 83—140. Stuttgart 1932.
- PASSARGE, S.: Die Wirkung des Windes. — Handbuch d. Bodenlehre, herausgeg. v. E. BLANCK, **1**, S. 288—309. Verlag J. Springer. Berlin 1929.
- REIS, O. M.: Erläuterungen zum Blatt Donnersberg der geognostischen Karte von Bayern. München 1921.
- REIS, O. u. a.: Die nutzbaren Mineralien, Gesteine und Erden Bayerns. **1**. München 1924.
- RINNE, F.: Über norddeutsche Basalte aus dem Gebiet der Weser. — Jb. preuß. geol. L.-A., **13** f. 1892, S. 3—95. Berlin 1893.
- ROEMER, TH.: Zur Phosphatfrage. — Jb. d. Halleschen Verbd. **3**, S. 175—178. Halle 1922.
- SAPPER, K.: Das Landschaftsbild in seiner Abhängigkeit vom Boden. — Handbuch d. Bodenlehre, herausgeg. v. E. BLANCK, **5**, S. 228—270. Verlag J. Springer. Berlin 1930.
- SCHLOSSMACHER, K.: Die Eruptivgesteine des Habichtswaldes bei Kassel und seiner Vorberge. — N. Jb., Beil.-Bd. **31**, S. 641—683. Stuttgart 1911.
- SCHMID, E. E.: Der ostthüringische Röh. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1881, S. 133. Berlin 1882.
- SCHMIDT, Ph.: Beiträge zur Kenntnis der basaltischen Gesteine der Gegend von Roth am Ostabhang der Rhön. — Inaug.-Diss. Erlangen 1902.
- SCHMIDTILL, E.: Die Dogger-Phosphorite der Auerbacher Bucht. — Jb. Halle'schen Verbd. f. d. Erforsch. d. mitteldeutschen Bodenschätze **13**, (N. F.), S. 5—56. Halle 1934.

- SCHNARRENBARGER, K.: Geologische Spezialkarte von Baden, Erläuterungen z. Bl. St. Peter. Heidelberg 1906.
- SCHNEIDERHÖHN, H.: Die nichtbasaltischen Eruptivgesteine zwischen Wirges, Boden und Etlinghausen im südwestlichen Westerwald. — Jb. preuß. geol. L.-A., **30**, II, f. 1909, S. 249—311. Berlin 1912.
- SCHOTTLER, W.: Die Basalte der Umgegend von Gießen. — Abh. hess. geol. L.-A. **4**, S. 314—491. Darmstadt 1908.
- SCHUCHT, F.: Das Kehdinger Moor. — Jb. preuß. geol. L.-A., **23** f. 1902, S. 629—638. Berlin 1905.
- SCHUSTER, M.: Der Nephelinbasalt vom Pechsteinkopf bei Dürkheim in der Pfalz. — Ber. Oberrhein. geol. Ver. **43**, II, S. 104—108, 1910.
- : Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern, Bl. Hammelburg-Nord, Nr. 65. München 1921.
- SCHUSTER, M. u. a.: Die nutzbaren Mineralien, Gesteine und Erden Bayerns. **2** Bd., Franken, Oberpfalz und Schwaben nördlich der Donau, herausgeg. v. bayr. Oberbergamt, Geol. Landesuntersuchung. München 1936.
- SPOLM, G.: Chemisch-geologische Studien in der Umgegend von Forchheim. — Diss.
- SPOHN, G.: Chemisch-geologische Studien in der Umgegend von Forchheim. — Diss. Erlangen 1896.
- STAMM, K.: Die Wirkungen des Windes und seine Bedeutung für den Ackerbau. — Geol. Rundschau **3**, S. 360—374. Leipzig 1912.
- STEGER, V.: Der quarzfreie Porphyr von Ober-Horka in der preußischen Ober-Lausitz. — Abh. nat. Ges. Görlitz **18**, S. 183. 1884.
- STELZNER, A.: Über Melilith und Melilith-Basalte. — N. Jb., Beil.-Bd. **2**, S. 369—439. Stuttgart 1883.
- STOCK, J.: Die Basaltgesteine des Löbauer Berges. — Min. u. petr. Mitt. **9**, S. 429—469, 1888. (Ref. N. Jb., 1889, II, 453.)
- STUTZER, O.: Die wichtigsten Lagerstätten der Nicht-Erze, Bd. IV: O. STUTZER u. W. WETZEL, Phosphat — Nitrat. Verlag von Gebr. Borntraeger. Berlin 1932.
- SÜCHTING, H.: Über Forstdüngungsversuche. — Mitt. Forstwirtsch. und Forstwissensch., Jg. 1933, S. 96—114. Hannover 1933.
- VOGT, J. H. L.: On the average composition of the earth's crust, usw. — Skrifter Vid.-Akad. Oslo, 1931, I, 7, S. 1—48. (Ref. N. Jb. Min., 1932, II, S. 677.)
- WEIGELT, J.: Die mitteldeutschen Phosphatlager und die Frage ihrer zweckmäßigen Ausnutzung. — Jb. d. Halle'schen Verbd. **3**, S. 139—175. Halle 1922.
- WENK FR.: Petrographisch-chemische Untersuchungen der Opalinustone und ihrer Grenzschichten im schwäbischen Jura. — N. Jb., Beil.-Bd. **57**, B, S. 171—242. Stuttgart 1927.
- WETZEL, A.: Der Nährstoffbedarf der Waldböden. — „Die Ernährung der Pflanzen“ **33**, S. 326—329. Berlin 1937.
- WETZEL W.: Zur Stratigraphie, Sedimentpetrographie und Palaeontologie des Alttertiärs von Fehmarn und der Umgegend Kiels. — Zbl. Min., 1936, B, S. 513—529. Stuttgart 1936.
- WEYL, R.: Eine Fischfauna aus dem Eocæn von Störmarn. — N. Jb., Beil.-Bd. **74**, B, S. 282—308. Stuttgart 1935.
- WIRTZ, D.: Submariner Vulkanismus und Halmyrolyse im westbaltischen Unter-eocæn. — Zbl. Min., 1937, B, S. 184—200. Stuttgart 1937.
- WITTICH, E.: Beiträge zur Kenntnis der Messeler Braunkohle und ihrer Fauna. — Abh. hess. geol. L.-A. **3**, S. 77—148. Darmstadt 1899.
- ZIMMERMANN, E.: Erläuterungen zur geologischen Karte von Preußen, Bl. Lehesten. Berlin 1910.
- : Erläuterungen zur geologischen Karte von Preußen, Bl. Goldberg. Berlin 1919.